

ZALECENIA

**DOTYCZĄCE UŻYCIA MATERIAŁÓW DŹWIĘKOCHŁONNYCH
w HALI SPORTOWO-WIDOWISKOWEJ 21 x 46 m**

**MIKOŁAJ JAROSZ
LIPIEC, 2021**

1. Cel i podstawa opracowania

Celem opracowania jest wskazanie rozwiązań technicznych, które pozwolą zapewnić w projektowanej sali sportowej warunki akustyczne właściwe dla jej funkcji.

Przy przygotowaniu niniejszego opracowania wykorzystano:

- projekt budowlany wykonany przez MP Project z Krakowa
- normę PN-B-02151-4:2015-06

2. Opis sali

Sala sportowa o wymiarach wewnętrznych 20,50 m x 29,85 m i kubaturze ok. 5.895 m³. Ściany murowane i tynkowane, usztywnione słupami żelbetowymi. Podłoga areny zaprojektowana jako podłoga sportowa na legarach. Dach dwuspadowy o konstrukcji z drewna klejonego przykryty płytami warstwowymi. Doświetlenie hali poprzez okna umieszczone w obu ścianach podłużnych. Przy jednej ze ścian podłużnych, przewidziano miejsce na składane trybuny dla 96 widzów.

3. Wymagania

Sale sportowe lokalizowane przy szkołach muszą najczęściej łączyć różne funkcje:

- zajęcia wychowania fizycznego
- zawody
- imprezy niesportowe (np. akademie, występy artystyczne, koncerty)
- egzaminy

Dla poprawnego przeprowadzenia w/w imprez niezbędne jest zapewnienie dobrej zrozumiałości mowy poprzez ograniczenie pogłosu i poziomu tła akustycznego. Ogólny poziom hałasu musi być także ograniczony dla zmniejszenia wysiłku głosowego nauczycieli WF. Krótki czas pogłosu jest także bardzo pożądany, jeśli w sali mają się odbywać egzaminy.

Norma PN-B-02151-4 zaleca dla sal sportowych o kubaturze większej niż 5000 m³ czas pogłosu nie dłuższy niż **1,8 s**. Powyższe wymaganie powinno być spełnione we wszystkich pasmach oktawowych o środkowych częstotliwościach 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz. Dla pasma o środkowej częstotliwości 125 Hz wymaganie nie zostało określone ale norma zaleca dla pomieszczeń o dużej kubaturze, w których będzie instalowany system nagłośnieniowy, aby czas pogłosu w tym paśmie nie był dłuższy niż w pasmach 500 – 1000 Hz.

4. Rozwiązania

4.1. Wersja I

Sufity

Sufit dźwiękochłonny instalowany w postaci ekranów umiejscowionych w polach pomiędzy dźwigarami a płatwiami - równoległe do połaci dachowych. Ekran o

wymiarach 1200/5400 mm (złożone z płyt dźwiękochłonnych o wymiarach 1800/600 i 300 mm). Łączna powierzchnia paneli dźwiękochłonnych na suficie sali wyniesie 389 m².

Sposób montażu

Do płatwi dachowych, prostopadle do nich, w rozstawie co 1200 mm mocowane profile podkonstrukcji. Do tych profili podwieszany ruszt z profili T24. Odległość rusztu od lica płyt warstwowych powinna wynosić ok. 200 mm. Wzmocnione (grubość blachy $\geq 0,48$ mm) profile główne (nr 2 na poniższym szkicu) instalowane równoległe do płatwi w rozstawie co 600 mm. Profile główne podwieszane pod profilami podkonstrukcji za pomocą sztywnych wieszaków w profilu kątowych (nr 4) w rozstawie co 1200 mm. Profile główne spięte profilami poprzecznymi T24 o długości 600 mm (nr 3) w rozstawie co 1800 mm. W tak powstałym ruszcie montowane panele dźwiękochłonne o wymiarach 1800/600/35 mm (nr 1). Panele ułożone dłuższym bokiem prostopadle do dźwigarów i zabezpieczone przed wybiciem za pomocą usztywniaczy przeciwuderzeniowych (nr 5). Na jedną płytę o wymiarach 1800/600 powinno przypadać pięć takich usztywniaczy. Każde pole wykończone po obwodzie ceownikiem stalowym.

Sufit (panele dźwiękochłonne wraz z konstrukcją) odporny na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 2A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

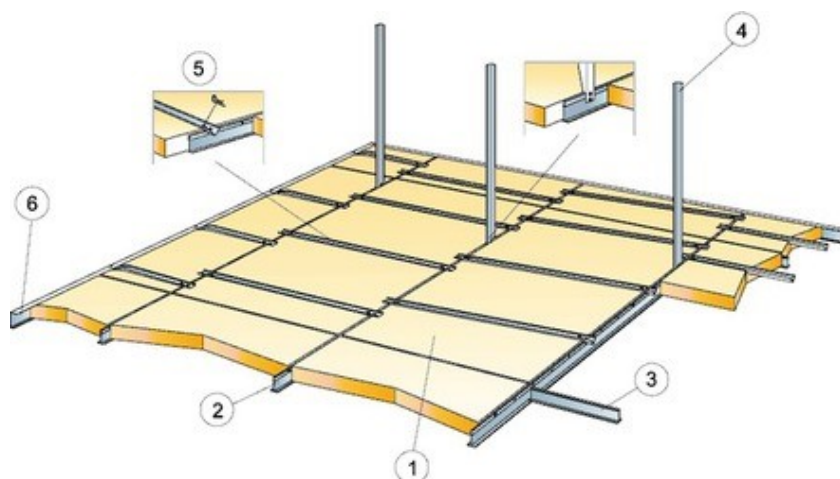
Płyty z wełny szklanej o grubości 35 mm, o formacie 1800/600 mm. Lico płyt pokryte tkaniną z włókna szklanego o dużej odporności mechanicznej, tył płyty wykończony welonem szklanym. Krawędź płyt prosta. Powierzchnia licowa umożliwiająca czyszczenia na sucho i przecierania na mokro raz w tygodniu. Płyty odporne na wilgoć do 95% przy 30°C (zgodnie z normą ISO 4611). Materiał niepalny wg badań i klasyfikacji EN ISO 1182.

Łączna waga systemu (bez profili podkonstrukcji) to ok. 4 kg/m².

Właściwości akustyczne

Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku dla c.w.k. 200 mm podano poniżej:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_p	0,50	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00





4.2. Wersja II

Sufity

Jak w wersji I.

Ściany

Panele dźwiękochłonne o wymiarach 2700/1200/40 mm montowane bezpośrednio do ścian za pomocą profili typu omega. Po obwodzie każde pole wykończone profilem ceowym. Wszystkie profile wykonane w wersji wzmocnionej (z ocynkowanej blachy stalowej grubości 1 mm) i lakierowane na biało. Panele wraz z konstrukcją odporne na uderzenia piłką. Kategoria odporności na uderzenia 1A wg normy EN 13964, aneks D (oraz DIN 18 032 cz.3).

Płyty z wełny szklanej o grubości 40 mm, i formacie 2700/1200. Lico płyt pokryte tkaniną z włókna szklanego o dużej odporności mechanicznej, tył płyty wykończony welonem szklanym. Krawędź prosto cięta. Powierzchnia licowa umożliwiająca czyszczenia na sucho i przecierania na mokro raz w tygodniu. Płyty odporne na wilgoć do 95% przy 30°C (zgodnie z normą ISO 4611). Materiał niepalny wg badań i klasyfikacji EN ISO 1182.

Właściwości akustyczne

Wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku dla montażu bezpośrednio na ścianie podano poniżej:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_p	0,20	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00

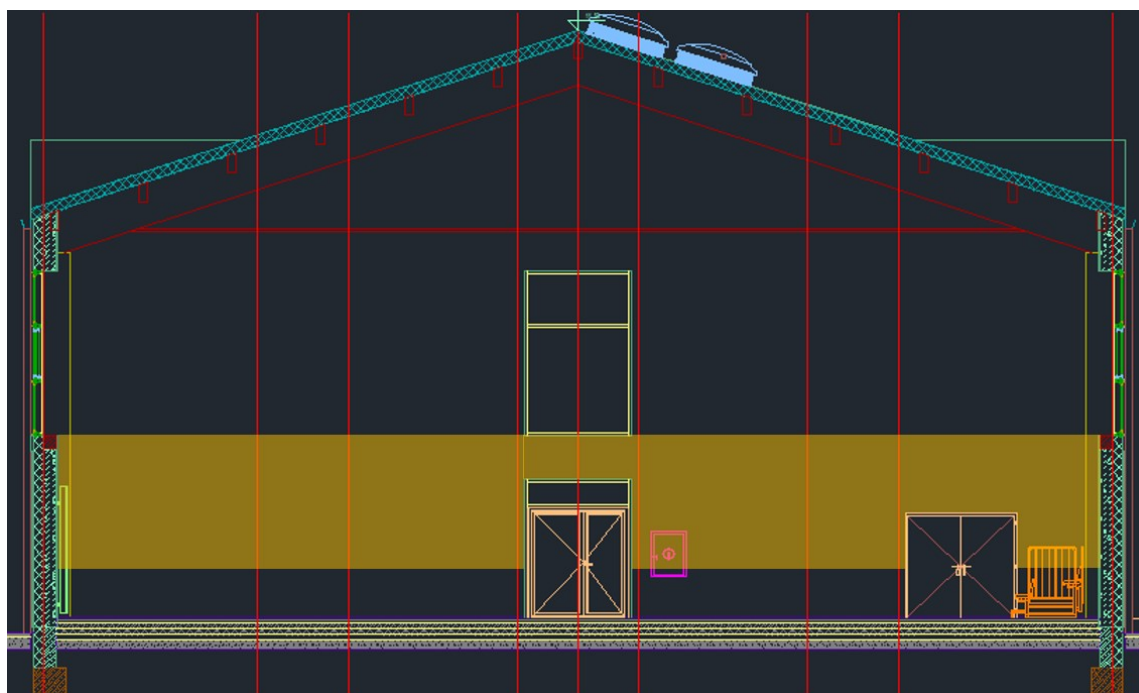
Przy montażu paneli na dodatkowej warstwie wełny szklanej grubości 50 mm wartości praktycznego współczynnika pochłaniania dźwięku wynoszą:

Częstotliwość	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
α_p	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Rozmieszczenie

Ściana szczytowa w osi 6

Na ścianie montowane panele dźwiękochłonne o wymiarach 2700/1200/40 mm ułożone w formie poziomego pasa od wysokości 87 cm ponad poziomem podłogi do wysokości 357 cm. Panele odpowiednio przycięte przy drzwiach i narożach. Łączna powierzchnia paneli ściennych na tej ścianie wyniesie ok. 49,0 m².



Ściana podłużna w osi A

Na ścianie, pomiędzy słupami, montowane panele dźwiękochłonne o wymiarach 2700/1200/40 mm ułożone w formie poziomych pasów od wysokości 87 cm ponad poziomem podłogi do wysokości 357 cm. Panele odpowiednio przycięte przy słupach. Łączna powierzchnia paneli ściennych na tej ścianie wyniesie ok. 74,2 m².

4.3. Wersja III

Sufity

Jak w wersji I.

Ściany

Jak w wersji II, z tym, że panele ściennie montowane na dodatkowej warstwie wełny szklanej. W miejscu instalacji paneli ściennych do ściany montowane poziomo łaty 50/50 w rozstawie ok. 40 cm. Przestrzeń pomiędzy łatami wypełniona płytami w wełny szklanej

grubości 50 mm i gęstości ok. 30 kg/m³. Panele ściennie montowane dopiero na tak wykonanym podkładzie.



5. Wyniki

Obliczenia wykonano wykorzystując wzór Fitzroya dobrze się sprawdzający w pomieszczeniach prostokątnych (nachylenie połaci dachowych nie ma w tym przypadku specjalnego znaczenia).

$$T = - \frac{0,161V}{S^2} \left[\frac{S_x^2}{S_x \ln(1-\alpha_x) + 4mV} + \frac{S_y^2}{S_y \ln(1-\alpha_y) + 4mV} + \frac{S_z^2}{S_z \ln(1-\alpha_z) + 4mV} \right]$$

Częstotliwość f , [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Czas pogłosu T , [s], Wersja 0	5,89	6,07	4,73	4,12	4,26	2,21
Czas pogłosu T , [s], Wersja I	3,76	3,71	2,76	2,11	1,65	0,96
Czas pogłosu T , [s], Wersja II	2,90	1,64	1,29	1,24	1,15	0,85
Czas pogłosu T , [s], Wersja III	1,87	1,41	1,29	1,24	1,15	0,85

Na wykresie poniżej przedstawiono obliczeniowe wartości czasu pogłosu dla czterech wersji wykończenia (Wersja 0 dotyczy wykończenia pozbawionego materiałów dźwiękochłonnych). Wersje II i III pozwolą na spełnienie wymagań normy, ale jedynie Wersja III pozwoli na spełnienie dodatkowych zaleceń dotyczących pogłosowości pomieszczenia w paśmie 125 Hz.



Zwiększenie chłonności akustycznej pomieszczenia skutkuje jego wyciszeniem, ponieważ dźwięki w nim wytwarzane są w mniejszym stopniu wzmacniane przez odbicia od ścian i sufitu. Sala sportowa wykończona wg niniejszych zaleceń będzie więc cichsza w trakcie prowadzenia zajęć niż takie samo pomieszczenie pozbawione materiałów dźwiękochłonnych. W poniższej tabeli podano obliczeniowe wartości redukcji poziomu dźwięku ΔL (w stosunku do wersji 0).

Częstotliwość f , [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 KHz
ΔL , dB, Wersja I	- 3,4	- 5,2	- 4,9	- 4,8	- 5,5	- 4,0
ΔL , dB, Wersja II	- 3,6	- 5,8	- 5,7	- 5,6	- 6,3	- 4,7
ΔL , dB, Wersja III	- 4,5	- 6,1	- 5,7	- 5,6	- 6,3	- 4,7

Rzeczywista redukcja poziomu dźwięku będzie o ok. 2-3 dB większa, ze względu na odruchową zmianę zachowania uczniów w cichszym otoczeniu.

Mikołaj Jarosz